温湿度和食物对暗黑鳃金龟幼虫存活及生长发育的影响

冯晓洁, 席国成, 刘福顺, 吴 娱, 刘春琴, 王庆雷*

(沧州市农林科学院, 河北沧州 061001)

摘要:【目的】明确重要生态因素对暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* 幼虫种群的影响,从而为预测预报其发生提供理论依据。【方法】在室内采用自动控制温度、人工控制湿度的方法,观察温度、湿度和食物对暗黑鳃金龟幼虫存活率及发育历期的影响。【结果】结果表明,20~28℃适宜暗黑鳃金龟1-2龄幼虫的存活,其中24℃时存活率最高,达到74.9%±3.1%;12℃时发育历期最长,32℃时发育历期最短,20℃和24℃下发育历期适中。土壤含水量为7%~19%时暗黑鳃金龟1-2龄幼虫均能存活;其中在7%和19%时,幼虫存活率低于50%,在25%时幼虫全部死亡;在土壤含水量为16%时存活率最高,达到76.4%±2.5%。在供试的6种食物(小麦根、玉米根、棉花根、花生根、大豆根和马铃薯块)中,喂饲花生根的暗黑鳃金龟幼虫存活率最高,达到68.7%±3.2%。取食不同食物的幼虫发育历期差异显著,其中取食花生根的暗黑鳃金龟幼虫期最短,整个幼虫期仅为259 d(3龄幼虫期为227 d);而取食棉花根的幼虫期最长,整个幼虫期为346 d(3龄幼虫期为303 d)。【结论】温度、土壤含水量和食物对暗黑鳃金龟幼虫的存活和生长发育均具有显著影响;在幼虫期调控温湿度及改变其寄主植物结构可有效控制其发生危害。

关键词: 暗黑鳃金龟; 幼虫; 温度; 土壤湿度; 食物; 存活率; 发育历期

中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2017)08-0920-07

Effects of temperature, soil water content and food on the survival and development of *Holotrichia parallela* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae

FENG Xiao-Jie, XI Guo-Cheng, LIU Fu-Shun, WU Yu, LIU Chun-Qin, WANG Qing-Lei* (Cangzhou Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Cangzhou, Hebei 061001, China)

Abstract: 【Aim】This study aims to reveal the impacts of the key ecological factors on the larvae of the large black chafer *Holotrichia parallela* so as to provide the theoretical basis for forecasting its occurrence. 【Methods】By automatically controlling the temperature and manually adjusting the moisture, the effects of temperature, soil water content and food on the survival rates and developmental duration of *H. parallela* larvae were observed in the laboratory. 【Results】The results showed that the optimum temperature range for the survival of *H. parallela* larvae was between 20℃ and 28℃, and the highest survival rate (74.9% ± 3.1%) was obtained at 24℃. The developmental duration was the longest at 12℃, the shortest at 32℃, and moderate at 20℃ and 24℃. Both the 1st and 2nd instar larvae could survive when the soil water content was between 7% and 19%. The highest survival rate (76.4% ± 2.5%) was observed when the soil water content was 16%. However, the survival rates were less than 50% when the soil water contents were 7% and 19%, but none survived when the soil water content was 25%. When *H. parallela* larvae were fed on the six tested foods including wheat root, maize root, cotton root, peanut root, soybean root and potato slices, respectively, the survival rate of the larvae fed on

基金项目: 现代农业科技奖励性后补助资金项目(179276184H)

作者简介: 冯晓洁, 女, 1981年11月生, 河北沧州人, 学士, 助理研究员, 研究方向为地下害虫的饲养及发生规律, E-mail: 84326013@qq.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wqlei02@163.com

收稿日期 Received: 2017-04-26; 接受日期 Accepted: 2017-06-19

peanut roots was the highest (68.7% ±3.2%). The larvae fed on different diets showed significant differences in the developmental duration, the developmental duration of the larvae fed on peanut roots was the shortest (only 259 d, including 227 d of the 3rd instar larval duration), while that of the larvae fed on cotton roots was the longest (346 d, including about 303 d of the 3rd instar larval duration). 【Conclusion】Temperature, soil water content and food all have significant influences on the survival and development of *H. parallela* larvae. Controlling temperature and humidity and changing host plant structure during its larval stage can effectively control the occurrence and harmfulness of this pest.

Key words: *Holotrichia parallela*; larva; temperature; soil water content; food; survival rate; developmental duration

暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* 分布在我国 20 余个省(区)市,不仅是多种经济作物和粮食作物的重要地下害虫优势种类,也是我国林业和果树的重要害虫之一。成虫可以取食榆树、杨树、桑树、风杨树、柳树、蜡条、梨树、山楂树、樱桃树、板栗树等,为害重时可以将叶子全部吃光(北京农业大学, 1981);其幼虫(称为蛴螬)食性很广,主要为害麦类、玉米、高粱、薯类、豆类、花生、甜菜、棉花等大田作物和蔬菜、果树、林木的幼苗,取食萌发的种子和嫩根,也可直接咬食花生嫩果和马铃薯、甜菜等块茎和块根,而且其取食产生的虫孔容易引起病菌的侵染,进一步增加了其危害性。受其危害的田块,轻则缺苗断垄,重则毁种绝收(蒋光藻, 2005);而且,在多种作物田的发生为害日趋严重(罗宗秀等, 2010; 李晓等, 2012; 张帅等, 2016)。因此,有效防治暗黑鳃金龟,已成为当前农业丰产丰收、保护林果业和中药材发展的重大需求之一。

有关暗黑鳃金龟的生物学特性及发生规律已进行了一定的观察或研究,发现暗黑鳃金龟在各地田间一年发生一代,主要以老熟幼虫越冬,也有少数成虫越冬(赵彭彬, 1983; 张伟等, 2003; 杨秀梅, 2008)。为什么会出现这种以不同虫态越冬的现象?原因可能是其所处的生态条件不同导致发育不整齐。温度、湿度和食物(寄主植物)是影响暗黑鳃金龟存活率、发育速率的最重要生态因子(罗益镇和崔景岳, 1995)。幼虫不仅是主要为害虫态,而且在暗黑鳃金龟生活史中占绝大时段,所以重要生态因子对幼虫期的影响更为突出。但是,有关温度、土壤含水量和食物对幼虫种群的影响一直缺乏全面而系统的研究。为此,开展了温度、土壤含水量和食物对幼虫影响的同步研究,对于进一步了解暗黑鳃金龟对环境的适应性和发生规律、提高其预测预报水平和掌握防治适期均具有理论及实践意义。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

暗黑鳃金龟成虫采集于河北省沧州市农林科学院附近农田,于沧州市农林科学院养虫室中以新鲜的榆树叶为饲料进行人工饲养,待其产卵后,将卵放入装满土的培养皿中,保持土壤湿度在 15% 左右,在人工气候箱内温度控制在 25 ±0.5℃、光周期为 16L∶8D 的条件下饲养,使其孵化幼虫,待用。

1.2　实验仪器和设备

RQH-150/RQH-250 人工气候箱,常州市科迈实验仪器有限公司生产;TR-6 土壤温湿度仪,北京顺科达科技有限公司生产。

1.3　温度对暗黑鳃金龟幼虫的存活率及其发育历期的影响

挑取健康活泼、大小一致的暗黑鳃金龟 7 日龄初孵幼虫分别放入盛有深 10 cm 左右过筛(110℃烘干消毒)土壤的塑料箱(34.5 cm×27 cm×12 cm)中,每箱 30 头,以新鲜的马铃薯块为饲料人工饲养;温度设定 9 个梯度,分别为 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 和 36℃;试验重复 3 次。利用上述人工气候箱进行控温(变幅为 ±0.5℃)试验,土壤含水量在 15%(方法见 1.4 节),光周期为 16L∶8D。每日调查并记录暗黑鳃金龟幼虫存活数及发育进度,至幼虫 2 龄末期(蜕皮时)统计其存活数并计算存活率。

1.4　湿度对暗黑鳃金龟幼虫的存活率的影响

挑取健康活泼、大小一致的暗黑鳃金龟 7 日龄初孵幼虫分别放入盛有深 10 cm 左右过筛土壤的塑料箱(34.5 cm×27 cm×12 cm)中,试验土壤含水量分别设置为 7%, 9%, 11%, 13%, 16%, 19% 和 25%;共 7 组,每箱 30 头,以新鲜的马铃薯块为饲料人工饲养;试验重复 3 次。试验在人工气候箱(相对湿度 70% ±10%)中进行;采用重量比的方法在

烘干消毒土壤中加水配置不同的土壤含水量,利用湿毛巾覆盖在养虫塑料箱上部的通气孔处(并用土壤湿度仪检测,适时喷水和换土),以保持试验设置的土壤含水量。饲养温度控制在 25 ±0.5℃,光周期为 16L∶8D。每日调查并记录暗黑鳃金龟幼虫存活数,至 2 龄末期(蜕皮时)统计其存活数并计算存活率。

1.5　食物对暗黑鳃金龟幼虫的存活率及其发育历期的影响

取 6 个大小一致、内放深 10 cm 左右过筛(110℃烘干消毒)土壤的塑料箱(34.5 cm × 27 cm × 12 cm),在第 1 – 5 个塑料箱中分别种植小麦、玉米、花生、大豆、棉花等 5 种大田作物;待作物种子发芽后,在第 6 个塑料箱的土壤中放入新鲜马铃薯块。挑取室内饲养的健康活泼、大小一致的暗黑鳃金龟 7 日龄初孵幼虫分别放入各箱中进行饲养,每箱 30 头,试验重复 3 次。试验在人工气候箱中进行;饲养温度控制在 25 ±0.5℃,光周期为 16L∶8D。土壤含水量控制在 15% (方法见 1.4 节)。在 3 龄幼虫前每日调查一次。

幼虫进入 3 龄后,将剩余存活幼虫及相应处理的饲料放入牙签盒中单头饲养,每 5 d 调查一次,饲养环境条件(温度、湿度控制及光周期)与 1 和 2 龄幼虫一致,利用湿毛巾覆盖在养虫牙签盒上部的通气孔处保持土壤含水量在 15% (方法见 1.4 节);记录暗黑鳃金龟 3 龄幼虫的存活和生长发育情况,并根据幼虫生长进度每隔 3 d 或 5 d 补充一次新鲜食物,试验观测至 3 龄末蜕皮化蛹时为止;分别记录各龄期幼虫的存活和生长发育情况,并计算存活率和发育历期。

1.6　数据分析

所有的数据计算分析均在 SPSS16.0 for Windows 统计分析软件上完成。不同处理组间的比较采用方差分析的 LSD 多重比较法进行差异显著性测定。进行方差分析前,数据进行正态分布和方差同质性检测,对不符合的数据转换后再进行分析(丁岩钦, 1980; 张孝羲, 2002)。

2　结果

2.1　温度对暗黑鳃金龟幼虫存活率及其发育历期的影响

不同温度处理对暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫存活率具有明显的影响(图 1)。在不同温度条件下,暗

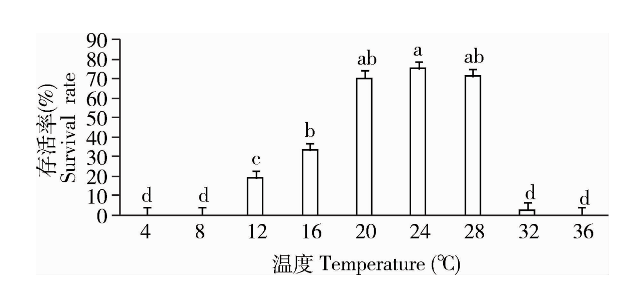


图 1　温度对暗黑鳃金龟幼虫存活率的影响

Fig. 1　Effects of different temperatures on the survival rate of *Holotrichia parallela* larvae

柱上不同字母表示差异显著(LSD 检验, $P < 0.05$);下图同。Different letters above bars show significant difference (LSD test, $P < 0.05$). The same for the following figures.

黑鳃金龟低龄幼虫存活率之间差异显著($P < 0.05$),其中,20 ~ 28℃条件下暗黑鳃金龟 1 龄和 2 龄幼虫的存活率较高,高于或低于此温度范围其存活率就降低($P < 0.05$),说明暗黑鳃金龟低龄幼虫存活的最适温区为 20 ~ 28℃,低温和高温对暗黑鳃金龟 1 – 2 龄幼虫生存均不利。

20 ~ 28℃温度条件下的暗黑鳃金龟幼虫的存活率差异不显著($P > 0.05$),但从均值上比较,其中以 24℃条件下的存活率为最高,达到 74.9% ±3.1%;12℃和 16℃时存活率已不足 50%,分别为 19.1% ± 3.6% 和 33.3% ± 3.2%;在 8℃及以下的低温和 36℃的高温条件下暗黑鳃金龟低龄幼虫存活率为零(死亡率为 100%),即过低过高温度对其具有致死作用。

如图 2 所示,不同饲养温度对暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫期的影响显著($P < 0.05$)。饲养温度在 8℃及以下时,幼虫不发育并全部死亡,存活率为零;饲养温度在 36℃以上时,幼虫死亡率为 100%,无法确定其发育历期。暗黑鳃金龟低龄幼虫生长发育温度为 12 ~ 32℃,其中 12℃时发育历期最长,显著长于 16 ~ 32℃下($P < 0.05$);32℃时发育历期最短,显著短于 12 ~ 24℃下($P < 0.05$)。其中 1 和 2 龄幼虫在 20℃和 24℃下发育历期差异均不显著;28℃和 32℃的发育历期较短,两者相近($P > 0.05$),但是这 2 个饲养温度之间的幼虫期与其他饲养温度之间的幼虫期存在显著差异($P < 0.05$)。

2.2　土壤含水量对暗黑鳃金龟幼虫存活率的影响

由图 3 可知,在不同土壤含水量条件下暗黑鳃金龟低龄幼虫存活率成显著性差异($P < 0.05$),在土壤含水量为 7% ~ 19% 下均能存活,但对暗黑鳃金龟 1 龄和 2 龄幼虫的适宜程度不同。

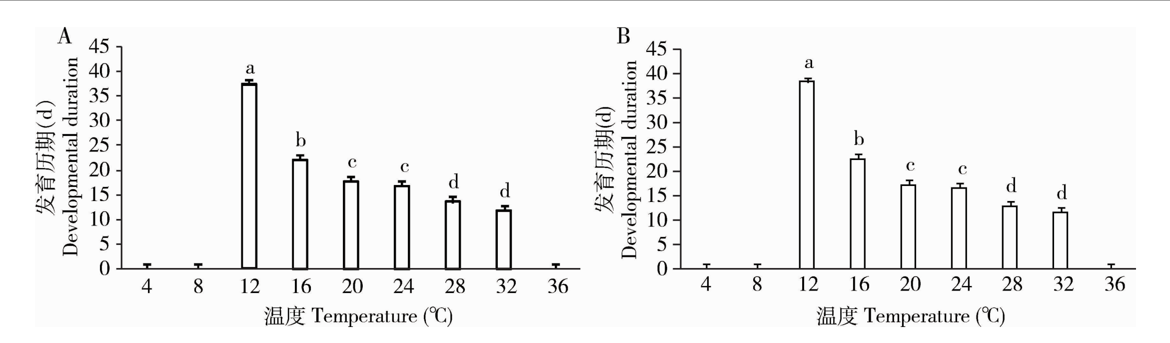


图 2　温度对暗黑鳃金龟 1 龄(A)和 2 龄(B)幼虫期的影响

Fig. 2　Effects of different temperatures on the developmental duration of the the 1st instar (A) and 2nd instar (B) larvae of *Holotrichia parallela*

饲养温度在 8℃以下和 36℃以上时,幼虫死亡率为 100%。The larval mortality is 100% when the rearing temperature is under 8℃ or above 36℃.

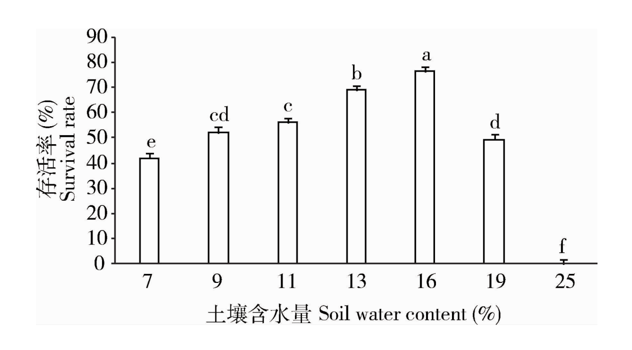


图 3　不同土壤含水量对暗黑鳃金龟幼虫存活率的影响

Fig. 3　Effects of different soil water content on the survival rate of *Holotrichia parallela* larva

以土壤含水量在 16% 时暗黑鳃金龟 1－2 龄幼虫的存活率最高,为 76.4% ±2.5%,显著高于其他土壤含水量条件下($P<0.05$);土壤含水量为 13% 时存活率次之,为 68.9% ±3.1%;当土壤含水量为 7% 和 19% 时,幼虫存活率已不足 50%。在土壤含水量达到 25% 时,暗黑鳃金龟幼虫存活率为零(死亡率为 100%)。

土壤含水量在 7% ~16% 的范围内,暗黑鳃金龟低龄幼虫的存活率与土壤湿度呈线性相关($Y=3.861X+15.88$, $r^2=0.975$)。

2.3　食物对暗黑鳃金龟幼虫存活率及发育历期的影响

2.3.1　食物对暗黑鳃金龟幼虫存活率的影响:饲喂不同食物对暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫平均存活率的影响结果见图 4 所示。其中,饲喂小麦、玉米等 5 种作物鲜嫩根和新鲜马铃薯块,暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫存活率差异较大($P<0.05$)。而且,暗黑鳃金龟 1 龄幼虫存活率较 2 龄幼虫存活率要低些。

在供试的 6 种食物中,饲喂花生鲜嫩根的暗黑鳃金龟 1 龄幼虫的存活率最高,为 70.0% ±1.4%;喂食玉米鲜嫩根的 1 龄幼虫存活率次之,但与饲喂花生鲜嫩根的差异不显著($P>0.05$);饲喂棉花鲜嫩根的暗黑鳃金龟 1 龄幼虫存活率最低,为49.4% ±3.8%,显著低于饲喂其他 5 种食物的存活率(图 4:A)。

食物对暗黑鳃金龟 2 龄幼虫存活率的影响显著(图 4:B),在供试的 6 种食物中,饲喂花生鲜嫩根的暗黑鳃金龟 2 龄幼虫存活率最高($P<0.05$),为 99.7% ±0.3%;喂食棉花鲜嫩根的暗黑鳃金龟 2 龄幼虫存活率最低($P<0.05$),为 74.5% ±0.3%;其他食物对 2 龄幼虫存活率的影响趋势与对 1 龄幼虫的影响相似。

图 5 显示,小麦、玉米、棉花、花生、大豆和马铃薯的作物嫩根或块根等不同食物对暗黑鳃金龟整个幼虫期的存活率的影响差异显著($P<0.05$)。在供试的 6 种食物中,饲喂花生鲜嫩根的暗黑鳃金龟幼虫存活率最高,达到 68.7% ±3.2%,显著高于饲喂其他 5 种食物($P<0.05$);饲喂玉米根的存活率次之,并显著高于饲喂小麦根、棉花根、大豆根和马铃薯块($P<0.05$);饲喂棉花鲜嫩根的暗黑鳃金龟幼虫存活率最低,为 36.7% ±1.6%。

饲喂不同食物的暗黑鳃金龟幼虫存活率的高低顺序为:花生根 > 玉米根 > 小麦根 > 马铃薯块、大豆根 > 棉花根,其中饲喂大豆根与马铃薯块的暗黑鳃金龟幼虫存活率差异不显著($P>0.05$)。说明棉花根较不适宜暗黑鳃金龟幼虫的存活,花生根最适宜暗黑鳃金龟幼虫的存活。

2.3.2　食物对暗黑鳃金龟幼虫发育历期的影响:图 6 显示,饲喂棉花根的暗黑鳃金龟 1 龄幼虫期最长(图 6:A),为 22.8 ±1.0 d,显著长于喂饲其他食物($P<0.05$)。喂饲花生根的暗黑鳃金龟 1 龄幼虫期最短,为 17.4 ±0.8 d,其中 1 龄幼虫期与饲喂小麦根、玉米根、大豆根及马铃薯块的差异不显著($P>0.05$)。

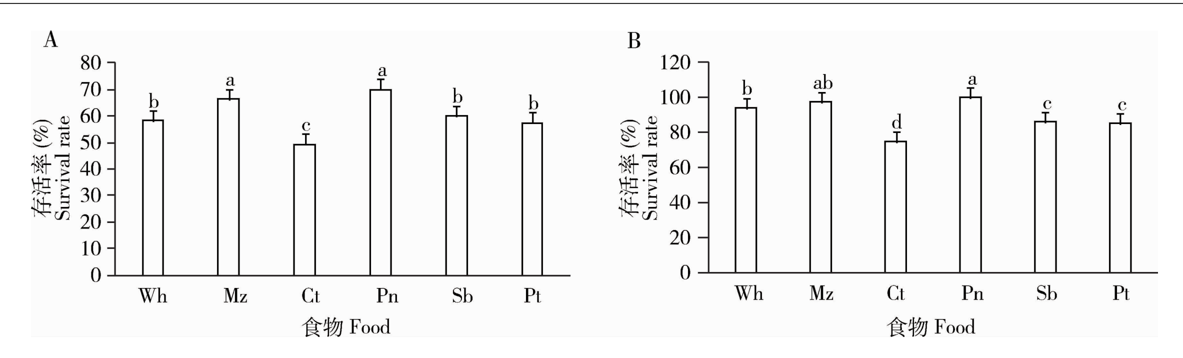


图 4　食物对暗黑鳃金龟 1 龄(A)和 2 龄(B)幼虫存活率的影响

Fig. 4　Effects of different food on the survival rate of the 1st instar (A) and 2nd instar (B) larvae of *Holotrichia parallela*

Wh：小麦根 Wheat root；Mz：玉米根 Maize root；Ct：棉花根 Cotton root；Pn：花生根 Peanut root；Sb：大豆根 Soybean root；Pt：马铃薯块 Potato slices. 下同 The same below.

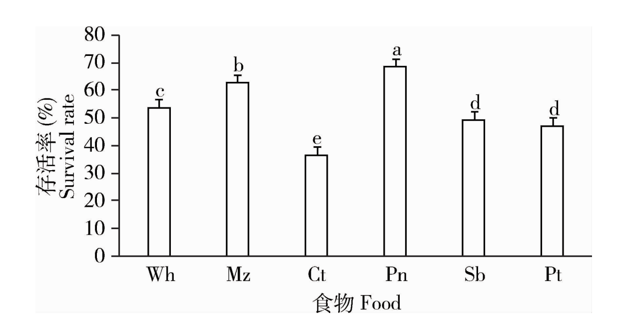


图 5　食物对暗黑鳃金龟 1 – 3 龄幼虫存活率的影响

Fig. 5　Effects of different food on the survival rate of the 1st to 3rd instar larvae of *Holotrichia parallela*

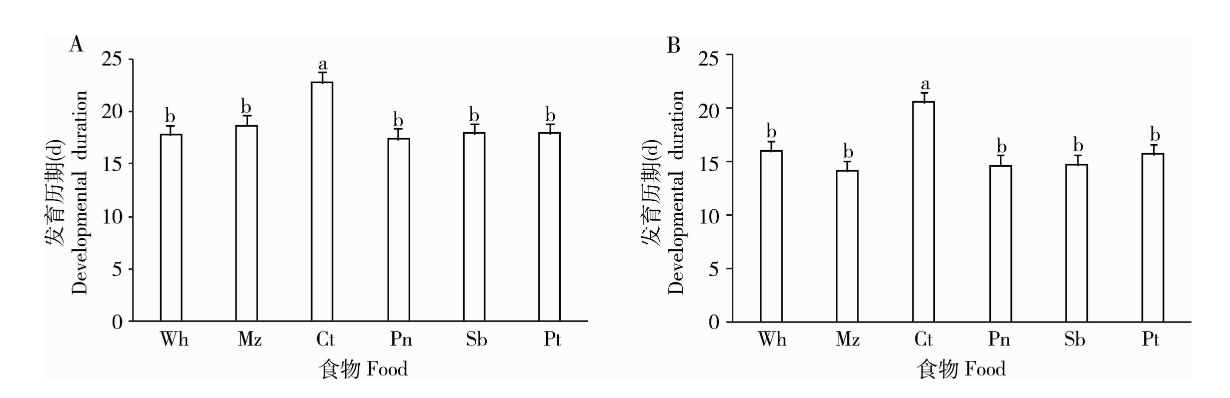


图 6　食物对暗黑鳃金龟 1 龄(A)和 2 龄(B)幼虫期的影响

Fig. 6　Effects of different food on the developmental duration of the 1st instar (A) and 2nd instar (B) larvae of *Holotrichia parallela*

饲喂棉花根的暗黑鳃金龟 2 龄幼虫期最长，为 20.5 ± 0.9 d，显著长于饲喂其他食物($P < 0.05$)；饲喂花生根的暗黑鳃金龟 2 龄幼虫期最短，为 14.6 ± 0.5 d，但与取食小麦根、玉米根、大豆根、花生根、马铃薯块的暗黑鳃金龟 2 龄幼虫期无显著差异($P > 0.05$)(图 6：B)。

可见不同的食物条件对暗黑鳃金龟低龄幼虫历期有显著影响。

由图 7 看出，饲喂不同食物的暗黑鳃金龟 3 龄幼虫发育历期差异显著($P < 0.05$)。不同食物对 3 龄幼虫期的影响与对 1 和 2 龄幼虫期的影响趋势相似，即饲喂花生鲜嫩根的 3 龄幼虫期最短，为 227 ± 2.0 d；饲喂棉花鲜嫩根的 3 龄幼虫期最长，为 303.6 ± 2.9 d；喂食棉花鲜嫩根的暗黑鳃金龟 3 龄幼虫期显著长于喂食其他食物($P < 0.05$)。而与低龄期影响有明显不同的是：取食花生根的 3 龄幼虫

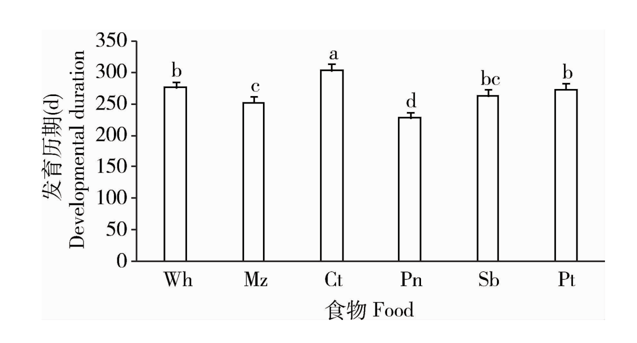


图 7　食物对暗黑鳃金龟 3 龄幼虫期的影响

Fig. 7　Effects of different food on the developmental duration of the 3rd instar larvae of *Holotrichia parallela*

期显著短于取食其他食物($P<0.05$)；并且取食小麦根、玉米根、大豆根和马铃薯块的 3 龄幼虫期出现显著差异。其中，取食玉米根的 3 龄幼虫期显著长于取食花生根和显著短于取食棉花根，并显著短于取食小麦根和马铃薯块($P<0.05$)。由此可见，在 3 龄幼虫阶段取食不同食物对其生长发育历期的影响较低龄期更为显著。

3　结论与讨论

温度对暗黑鳃金龟幼虫的存活率具有明显的影响。实验数据显示，较低和较高的温度对暗黑鳃金龟的存活都不利(图 1)。20 ~28℃条件下该虫存活率较高，存活率均在 70% 以上。这与暖冬的气温适宜时该虫的发生比较严重的情况相符合(刘珍，2003；江新林，2008)。土壤含水量对暗黑鳃金龟幼虫的存活率的影响显著。实验数据显示，土壤含水量在 13% ~16% 区间内，暗黑鳃金龟幼虫的存活率较高，土壤含水量过低或过高均不利于该虫存活。因此降雨引起的湿度变化和冲刷可能成为调控种群发生的重要环境因素之一。如降大雨、内涝，土壤含水量达到 20.2% 时，1 龄或 2 龄幼虫会全部死亡，幼虫密度迅速下降；而且土壤含水量在 5% 以上时，也会造成幼虫全部死亡；直接影响暗黑鳃金龟发生动态和种群数量(罗益镇，1981；范永贵等，1992；杨秀梅，2008)。本实验中土壤含水量 25% 条件下低龄幼虫全部死亡的结果可以为生态调控防治暗黑鳃金龟提供理论依据。例如，在农事操作时利用大水浇灌作物可明显减少暗黑鳃金龟幼虫(蛴螬)虫口密度；另外，在冬季深耕土地将幼虫翻到土表可致使其因低温冻干而死亡(范永贵等，1992；曹雅忠和武予清，2015)。即利用外界的温湿条件人为形成不适宜暗黑鳃金龟生存的环境，最终达到科学防治的效果，可显著减少农作物的经济损失。

寄主植物(食料)科属、食料选取部位是决定幼虫存活率及发育历期的主要因素之一，孙瑞红等(2010)的研究结果表明，不同食料的影响程度差异明显，不仅影响暗黑鳃金龟和铜绿丽金龟成虫寿命、产卵期，而且显著影响产卵数量。本研究结果显示，喂饲花生鲜嫩根的暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫存活率最高分别达到 70% 和 100% ，因此初步说明与其他 5 种食料相比，花生鲜嫩根较适宜暗黑鳃金龟幼虫的存活(图 4 和 5)，这与近年来花生田内暗黑鳃金龟的数量明显增多、危害加重的情况(罗宗秀等，2010；吴志会等，2011；李晓等，2012；张帅等，2016)相符合。另外，饲喂花生鲜嫩根的暗黑鳃金龟 1 和 2 龄幼虫期最短(32 d)的结果与罗益镇(1981)1 龄到 2 龄幼虫期约为 33 d 的观测结果一致。本实验还表明，温度对暗黑鳃金龟幼虫发育历期的影响也很明显(图 2)。但在田间温度影响区域范围较大，温度的高低会影响暗黑鳃金龟幼虫在某区域内的整体发育快慢；由于一定区域内寄主植物的种类多属于多样化分布，而取食不同寄主种类的不同生长发育进度存在明显差异(图 6 和 7)。因此，可以推测导致一定区域内存在两个不同虫态越冬现象的主要原因是幼虫取食的寄主植物种类不同所致(发育不整齐)。另外，土壤含水量对暗黑鳃金龟低龄幼虫的存活影响显著(图 3)，是否也明显影响幼虫生长发育历期需要开展进一步的研究。

参考文献(References)

Beijing Agricultural University, 1981. The Fruit Tree Entomology. Agriculture Press, Beijing. 618 –626. [北京农业大学，1981. 果树昆虫学. 北京：农业出版社. 618 –626]

Cao YZ, Wu YQ, 2015. Soil insect pests. In: Guo YY ed. Crop Diseases and Insect Pests in China (Part 2). 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 1494 – 1524. [曹雅忠，武予清，2015. 地下害虫. 见：郭予元 主编. 中国农作物病虫害(中册)(第 3 版). 北京：中国农业出版社. 1494 –1524]

Ding YQ, 1980. Population Mathematical Principles and Application of Insect Ecology. Science Press, Beijing. 84 – 124. [丁岩钦，1980. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京：科学出版社. 84 –124]

Fan YG, Zheng FQ, Feng JX, 1992. Effects of soil moisture content on the reproductive capacity of *Holotrichia parallela* (Motschulsky). *J. Shandong Agric. Univ.*, 23(3): 305 –307. [范永贵，郑方强，冯居贤，1992. 土壤含水量对暗黑鳃金龟生殖力的影响. 山东农业大学学报，23(3): 305 –307]

Jiang GZ, 2005. Occurrence trend and control measures on fruit tree pests. *Sichuan Agric. Technol.*, (5): 55 –59. [蒋光藻, 2005. 果树害虫发生趋势及防治对策. 四川农业科技, (5): 55 –59]

Jiang XL, 2008. Population dynamics and integrated management of white grubs in the peanut fields. *Bull. Agric. Sci. Technol.*, (5): 124 –125. [江新林, 2008. 花生田蛴螬种群发生动态及综合防治. 农业科技通讯, (5): 124 –125]

Li X, Ju Q, Jiang XJ, Zhao ZQ, Chen QS, Qu MJ, Jiang XG, Lv JJ, Ni WL, Gu JZ, Chen ZD, Liu LF, Kang SL, 2012. Controlling *Holotrichia parallela* in peanut fields by sex pheromone. *Plant Prot.*, 38(3): 176 –179. [李晓, 鞠倩, 姜晓静, 赵志强, 陈全森, 曲明静, 蒋相国, 吕敬军, 倪皖莉, 谷建中, 陈志德, 刘立峰, 康树立, 2012. 利用性诱剂防治花生田暗黑鳃金龟的研究. 植物保护, 38(3): 176 –179]

Liu Z, 2003. The outbreak causes and control measures of white grubs in the peanut fields. *Plant Prot. Technol. Extens.*, 23(7): 7 –10. [刘珍, 2003. 花生田蛴螬暴发原因分析及防治对策探讨. 植保技术与推广, 23(7): 7 –10]

Luo YZ, 1981. The bionomics and integrated control of the black chafter (*Holotrichia parallela* Motsch.). *Acta Phytophy. Sin.*, 8(3): 179 –184. [罗益镇, 1981. 暗黑鳃金龟发生规律和防治方法. 植物保护学报, 8(3): 179 –184]

Luo YZ, Cui JY, 1995. Soil Entomology. China Agriculture Press, Beijing. 181 –187. [罗益镇, 崔景岳, 1995. 土壤昆虫学. 北京: 中国农业出版社. 181 –187]

Luo ZX, Li KB, Cao YZ, Yin J, Liu CQ, Wang QL, Mi CH, Yang XB, Wang ML, 2010. A pilot study on *Holotrichia parallela* sex pheromone for field applications. *Plant Prot.*, 36(5): 157 –161. [罗宗秀, 李克斌, 曹雅忠, 尹姣, 刘春琴, 王庆雷, 米存海, 杨晓波, 王木林, 2010. 暗黑鳃金龟性信息素田间应用的初步研究. 植物保护, 36(5): 157 –161]

Sun RH, Li AH, Wang T, Zhang Y, Song GC, 2010. Effects of different foods on adult longevity and reproduction of two scarab beetles. *J. Environ. Entomol.*, 32(4): 544 –548. [孙瑞红, 李爱华, 王涛, 张勇, 宋国春, 2010. 不同食料对两种金龟甲繁殖力的影响. 环境昆虫学报, 32(4): 544 –548]

Wu ZH, Han XQ, Peng XW, 2011. Occurrence regularity and integrated management technology of *Holotrichia parallela* in Tangshan peanut fields. *Modern Agri. Sci. Technol.*, (10): 26 –27. [吴志会, 韩晓清, 彭学文, 2011. 唐山地区花生田暗黑鳃金龟的发生规律及综合防治技术. 现代农业科技, (10): 26 –27]

Yang XM, 2008. Occurrence features and control technology on *Holotrichia parallela* in peanut fields. *China Plant Prot.*, 28(12): 18 –20. [杨秀梅, 2008. 花生地暗黑鳃金龟成虫发生特点及防治技术. 中国植保导刊, 28(12): 18 –20]

Zhang S, Yin J, Cao YZ, Li KB, 2016. Present occurrence of underground insect pests on medicinal plants and their integrated management strategies. *Plant Prot.*, 42(3): 22 –29. [张帅, 尹姣, 曹雅忠, 李克斌, 2016. 药用植物地下害虫发生现状与无公害综合防治策略. 植物保护, 42(3): 22 –29]

Zhang W, Wu LM, Li ZY, 2003. Non-pollution control technique of *Holotrichia parallela* and *Anomala corpulenta*. *Jiangsu J. Agric. Sci.*, (6): 67 –68. [张伟, 吴立民, 李振永, 2003. 暗黑和铜绿金龟子的无公害防治技术. 江苏农业科学, (6): 67 –68]

Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 238 –259. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社. 238 –259]

Zhao PB, 1983. Occurrence rule and control on peanut white grubs (*Holotrichia parallela*). *Entomol. Knowl.*, 20(5): 219 –221. [赵彭彬, 1983. 花生蛴螬(暗黑鳃金龟)发生规律及其防治. 昆虫知识, 20(5): 219 –221]

(责任编辑: 赵利辉)